

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 36 778 A 1**

51 Int. Cl.7:  
H 04 Q 7/20

21 Aktenzeichen: 198 36 778.3  
22 Anmeldetag: 13. 8. 1998  
43 Offenlegungstag: 17. 2. 2000

Vorlage	Abgabe	02127
Haupttermin:		
Eing.: 24. JUNI 2003		
PA. Dr. Peter Riebling		
Bearb.:	Vorgelegt:	

DE 198 36 778 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

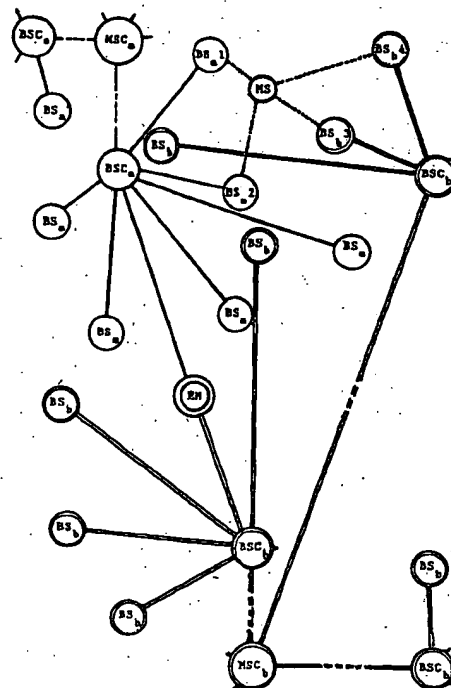
72 Erfinder:  
Dillinger, Markus, Dipl.-Ing., 81737 München, DE;  
Gärtner, Martin, Dipl.-Ing. (FH), 81477 München,  
DE; Brunner, Christopher, Dipl.-Ing., 80798  
München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Positionsbestimmung einer TDMA-Mobilfunk-Mobilstation

57 Es wird anhand des Systems GSM (Global System for Mobile Communications) für Mobiltelefonie ein Verfahren zur Positionsbestimmung einer Mobilstation beschrieben, bei der die ohnehin zur Synchronisation der Mobilstation erforderliche Laufzeitbestimmung der Funk-signale zwischen der Mobilstation und der Basisstation zur Positionsbestimmung ausgenutzt wird. Hierzu nimmt die Mobilstation aufeinanderfolgend zu zwei oder mehr in Funkreichweite liegenden Basisstationen bekannter Position Kontakt auf, indem es in der Einbuchungsanforderung (Access Burst) die Anforderung einer Positionsbestimmung durchgibt, woraufhin über mehrere Rahmen gemittelt die zu Beginn eines Gesprächswunschs erstmals grob durchgeführte und im weiteren Verlauf laufend kontrollierte Laufzeitbestimmung durchgeführt wird und das Ergebnis einschließlich einer Identifizierung der Basisstation zunächst in der Mobilstation gespeichert wird. Die Mobilstation organisiert diese Bestimmung nacheinander an den drei am stärksten zu empfangenen Basisstationen und übermittelt dann die gesammelten Ergebnisse über eine der Basisstationen an das Netz, wo die Auswertung in an sich bekannter Weise erfolgt. Um Basisstationen verschiedener Netzbetreiber ausnützen zu können, was den Kontakt zu wenigstens drei Basisstationen erleichtert, erfolgt zweckmäßigerweise für solche Positionsbestimmungen eine Einigung der Netzbetreiber dahingehend, daß die schließliche Positionsbestimmung in von den verschiedenen Netzbetreibern ...



DE 198 36 778 A 1

Best Available Copy

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Positionsbestimmung einer TDMA-Mobilfunk-Mobilstation, die etwa gleichzeitig mit einer Mehrzahl von Mobilfunk-Basisstationen bekannter Position in Funkkontakt steht, durch Bestimmung der Signal-Laufzeiten zwischen der Mobilstation und jeder der Basisstationen und Berechnen der jeweiligen Entfernungen und hieraus der Position der Mobilstation, wobei man ohnehin gemäß den TDMA-Systemen die Laufzeit jeder Mobilstation-Basisstation-Funkverbindung zum Zweck der Justierung der Mobilstation-Synchronisation, also der Phase des TDMA-Rahmens an der Mobilstation, bestimmt.

Die Positionsbestimmung einer Mobilstation kann in verschiedenen Situationen von Bedeutung sein, sowohl zur Orientierung für den Träger der Mobilstation als auch für Rettungseinsätze, Suchdienste, Pannenhilfe und in der Kriminalistik. Die amerikanische Regulierungsbehörde der Telekommunikation (FCC) wird in absehbarer Zeit von den Mobilfunk-Netzbetreibern verlangen, eine solche Positionierung im Fall von Notrufen durchzuführen (FCC, Revision of the Commissions Rules to Ensure Compatibility with Enhanced 911 Emergency Calling Systems, CC Dokket Nr. 94-102, Oktober 1994). Andere Länder werden diesem Begehren voraussichtlich folgen.

Für die Bestimmung der Position von Stationen mit Funkkontakt zu Basisstationen, deren Erdkoordinaten bekannt sind, sind verschiedene Techniken bekannt, beispielsweise auf der Grundlage der Bestimmung der Einfallswinkel der Wellenfronten an den Basisstationen oder aufgrund der Bestimmung der Laufzeit zu verschiedenen Basisstationen (T.S. Rappaport, J.H. Reed, B.D. Woerner, Position Location Using Wireless Communications on Highways of the Future, IEEE Communication Magazine, Okt. 1996, Seiten 33-41). Auch sind satellitengestützte Systeme bekannt.

Laufzeitmessungen an sich werden im TDMA-Mobilfunk durchgeführt. Der einzelnen Mobilstation, die sich bei einer ortsfesten Basisstation eingebucht hat, wird in dieser eine derzeit freie Zeitlage im TDMA-Rahmen zugeteilt. Zu dieser Zeitlage gehen die für die betreffende Mobilstation bestimmten Signale von der Basisstation ab, beziehungsweise – im entsprechenden Spektralbereich – müssen die von der Mobilstation gesendeten Signale an der Basisstation eintreffen. Zur Bestimmung der diesen Zeitlagen zugeordneten Zeitspannen an der Mobilstation unter Berücksichtigung der Laufzeit müssen diese zunächst grob bei Schaffung des Verbindungsaufbaus und dann laufend fein gemessen und verarbeitet werden. Die Durchführung einer Positionsbestimmung mit Hilfe dieser so gemessenen Laufzeitwerte ist zwar bereits ganz allgemein genannt, aber noch nicht im einzelnen ausgearbeitet worden (M. Junius, O. Kennemann, New methods for processing GSM radio measurements for location, handover, and network management, VTC, Jun. 1994, Stockholm, Sweden, pages 338-342).

Da bei TDMA die Laufzeiten ohnehin gemessen werden, ist ein wesentlicher Schritt der Positionsbestimmung bereits Teil des standardisierten Programms. Durch die Erfindung soll dieser Teil des Standards auch für die in diesem Zusammenhang neue Funktion der Positionsbestimmung ausgewertet werden. Dies erfolgt, ausgehend vom eingangs genannten Verfahren, erfindungsgemäß dadurch, daß man von der Mobilstation aus nacheinander den Basisstationen signalisiert, daß nicht anderes als eine Positionsbestimmung durchzuführen ist; die Bestimmung der absoluten oder – z. B. bei TDD Ultramode – relativen Laufzeit zur jeweiligen Basisstation durchführt und das Ergebnis einschließlich eines Identifizierungscodes der jeweiligen Basisstation in der

Mobilstation speichert; und die den verschiedenen Basisstationen zugehörenden gespeicherten Laufzeitwerte und Identifikationscodes an eine der Basisstationen zur weiteren Veranlassung übermittelt, also zur Berechnung der Position aus den z. B. drei Entfernungswerten, die sich aus den drei Laufzeitwerten ergeben, beispielsweise gemäß der genannten Literaturstelle Rappaport u. a.

Voraussetzung ist also, daß die Mobilstation Kontakt zu mehreren Basisstationen herstellen kann. Sind dies nur zwei Stationen, so bleibt das Ergebnis zweideutig. Bei drei Stationen ist das Ergebnis zwar prinzipiell eindeutig, jedoch aufgrund der noch vorhandenen Ungenauigkeiten der einzelnen Laufzeitbestimmungen noch etwas unscharf. Durch eine noch größere Zahl von Kontakt-Basisstationen, die eventuell auch verschiedenen Netzbetreibern zugehören können, kann die Genauigkeit der Messung verbessert werden. Von den verschiedenen in Frage kommenden Basisstationen, die durch eine vorhergehende Abtastung des Frequenzbereichs ermittelt wurden, beginnt man vorzugsweise mit der Basisstation mit schwächstem Kontakt und schreitet zu immer besserem Kontakt fort bis schließlich zur letzten, also stärksten Basisstation, der man dann die Identifizierungen der Basisstationen und die gespeicherten Laufzeitwerte übermittelt. In einem Festnetz zwischen den Basisstationen kann dann die Positionsbestimmung durch Datenverarbeitung erfolgen, wobei der endgültige Wert – je nach Ort des Interessenten – beispielsweise an die Mobilstation, bei Bedarf aber auch an eine andere Stelle wie z. B. an die Polizei, übermittelt wird.

Unter den TDMA-Systemen ist speziell das System GSM zu nennen, dessen standardisierte Operationenfolge in großen Teilen der Welt die Norm der Mobiltelefonie darstellt. Bei diesem System sendet jede Basisstation in konstanten zeitlichen Abständen und mit einer Frequenz, die von jeder Mobilstation empfangbar ist, ein "Leuchtfener"-Signal aus, das der Mobilstation die Kontakt-Frequenzbänder und einige sonstige Daten der Basisstation mitteilt. Die Mobilstation mißt außerdem die Empfangsfeldstärke und speichert unter Abtasten des gesamten in Frage kommenden Frequenzspektrums die empfangenen Basisstationen sowie die Feldstärken in einem internen Speicher ein, um anschließend die passendste Station auszuwählen und mit einer Einbuchungsanforderung ("access burst") anzufunkeln, woraufhin die Basisstation gegebenenfalls mit einer Einbuchungsbestätigung ("access grant") antwortet. Hierin wird die Signatur der Mobilstation gespiegelt, die hierdurch dieses Signal auf sich bezieht. In der Einbuchungsanforderung teilt die Mobilstation der Basisstation auch noch in einer speziellen Zeitlage mit Hilfe einiger codierter Bits auch noch den Grund des Zutrittswunschs ("establishment cause") mit, beispielsweise Verbindungsaufbau, Notruf oder dergleichen. Bei den wie oben genannt standardisierten TDMA-Systemen sind hier noch Codes frei, auf denen gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, wenn sie auf derartige Systeme angewandt wird, der Wunsch nach Positionsbestimmung codiert wird, in den in der Einbuchungsanforderung eine Signalisierung für die Aufforderung zur Positionsbestimmung eingebaut wird und in der Basisstation auf den Empfang dieser Signalisierung hin die Laufzeitbestimmung, aber ohne Einleitung eines Wegesuchprogramms für die Gesprächsvermittlung, in Gang gesetzt wird.

Gemäß dem Standard GSM wiederholt sich die Messung der (doppelten) Laufzeit ("Timing advance") innerhalb jedes Rahmens alle 480 ms, es findet dann eine Kontroll-Wertenachmessung statt. Der entsprechende Rahmen enthält in seiner Mitte Signalisierungen, die auch die gegenwärtige Laufzeit angeben ("Midamble"). Vorzugsweise werden für die Positionsbestimmung im Rahmen der Erfindung mehrere,

insbesondere vier Rahmen ausgewertet, wodurch sich die Fehler der einzelnen Messungen, soweit es zufällig gestreute Meßfehler sind, gegenseitig zu einem Teil ausmitteln.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann durch die Mobilstation koordiniert werden, indem man den Ablauf der Verfahrensschritte durch ein Programm in der Mobilstation steuert, oder kann von einer der Basisstationen aus koordiniert werden, die den Ablauf der Verfahrensschritte durch ein Programm in der Basisstation steuert, die dann entsprechend Befehle an die Mobilstation übermittelt. Eventuelle Wegaufspaltungen, die durch Echowirkungen oder dergleichen entstehen, können mit Hilfe einer Datenbank oder eines neuronalen Netzes im Festnetzbereich des Systems berücksichtigt werden.

Das System läßt sich noch erweitern durch eine hybride Durchführungsform des Verfahrens, indem man außerdem die zweidimensionalen Einfallswinkel der Funksignale der Mobilstation an wenigstens einer, vorzugsweise aber an mehreren der beteiligten Basisstationen ermittelt und sie als zusätzliche Information in an sich bekannter Weise in die Positionsbestimmung einbezieht.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel eines Mobiltelefonie-Plans mit zwei ineinandergreifenden Netzen zweier Netzbetreiber und einer eine Positionsbestimmung durchführenden Mobilstation;

Fig. 2 Signalverläufe im Funkverkehr zwischen der Mobilstation und vier Basisstationen gemäß Fig. 1.

Fig. 1 zeigt landkartenmäßig ein Beispiel ineinandergreifender fest installierter Netze von Basisstationen BS für die Mobiltelefonie nach dem GSM-Standard. Eines der Netze ist mit einfachen und das andere mit doppelten Linien eingezeichnet. Die Basisstationen sind jeweils in einem gewissen Umkreis mit einer Basisstation-Steuerzentrale BSC verbunden, von denen wiederum jeweils einige mit einer Verbindungszentrale MSC verbunden sind. In den Verbindungszentralen MSC werden die Verbindungen durchgeschaltet, wobei die einzelne Verbindungszentrale MSC außer mit ihren Basisstation-Steuerzentralen BSC mit anderen Verbindungszentralen MSC verbunden ist.

Die Elemente BS, BSC und MSC des einen Netzes sind mit dem Index a und die des anderen Netzes mit dem Index b gekennzeichnet.

Zwei der dargestellten Basisstation-Steuerzentralen, nämlich eine der Steuerzentralen BSC<sub>a</sub> und eine der Steuerzentralen BSC<sub>b</sub>, sind gemeinsam an eine Notrufzentrale EM angeschlossen, die ihrerseits Verbindung mit Institutionen wie Polizei, Rettungswesen usw. hat. Im vorliegenden Fall ist die Notrufzentrale EM außerdem datenverarbeitungsartig für die Berechnung einer Position eingerichtet.

Jede Basisstation BS ist umgeben von einer von ihr bedienten Zelle mit einem maximalen Radius von 35 km. Diese Entfernung ergibt sich aufgrund der genormten Länge des Empfangsfensters (577 µs) in Verbindung mit der Funksignal-Laufgeschwindigkeit. Insbesondere in städtischen Gebieten überlappen sich die Zellen der Basisstationen mehrfach, so daß die einzelne Mobilstation zu einer Mehrzahl von Basisstationen Kontakt aufnehmen kann.

In der Figur ist eine einzelne Mobilstation MS dargestellt, die wenigstens zu vier Basisstationen, nämlich BS<sub>a1</sub>, BS<sub>a2</sub>, BS<sub>b3</sub> und BS<sub>b4</sub>, Funkkontakt jeweils über eine als Punktlinie eingezeichnete Strecke ES aufnehmen kann.

Im normalen Gesprächsbetrieb wird die Entfernung der Mobilstation MS zur von ihr ausgewählten Basisstation BS, zu der sie Zugangsberechtigung hat, im vorliegenden Fall

beispielsweise zur nächsten Basisstation BS<sub>a1</sub>, zu Gesprächsbeginn und später laufend gemessen, um die Mobilstation MS in Abhängigkeit von der Signallaufzeit mit dem Signalrahmen der Basisstation zu synchronisieren. Die fortlaufende Messung erfolgt in zeitlichen Abständen von 480 ms jeweils über vier "26-Rahmen", und es werden die Daten gemittelt. Die Mobilstation empfängt eine Information über die erforderliche Timing Advance im Hinblick auf die in einiger Entfernung befindliche Basisstation BS<sub>a1</sub>.

Das Gespräch wird dann von BS<sub>a1</sub> zur Basisstation-Steuerzentrale BSC<sub>a</sub> und von dieser zur Verbindungszentrale MSC<sub>a</sub> weitergeleitet, wo die Verbindung zu einer anderen Basisstation BS<sub>a</sub>, zu einer anderen MSC<sub>a</sub>, zum terrestrischen Festnetz oder auch über eine Netzverknüpfungsstelle zum anderen Netz läuft.

Den Beginn eines regulären Gesprächs über die Basisstation BS<sub>a1</sub> leitet die Mobilstation MS ein, indem sie ein "Leuchtf Feuer", BCCH empfängt, nämlich einen periodischen Impuls jeweils in der Zeitlage 0, wobei die "Leuchtf Feuer"-Frequenz von allen innerhalb der zugehörigen Zelle befindlichen Mobilstationen MS aufgefangen wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren registriert die Mobilstation, deren Position bestimmt werden soll, zunächst die umliegenden Basisstationen BS, um an diese aufeinanderfolgend Positionsbestimmungs-Anforderungen zu senden, die entsprechenden Messungen durchzuführen und das Ergebnis zu speichern. Hierzu sendet die Mobilstation MS zunächst eine Einbuchungsanforderung RACH (Random Access Channel Request), die unter anderem eine Bitfolge für Codebits (establishment cause) sowie eine Zufallsbitfolge (Signatur) der MS enthält. Von diesen sind 20 von 256 Kombinationen belegt. Deshalb kann einer MS die freie Bedeutung "Anforderung der Positionsbestimmung" zugewiesen werden.

Fig. 2 zeigt zweizeilig die Sendesignale der Mobilstation MS, einzeilig die Sendesignale der Basisstationen BS<sub>b4</sub>, BS<sub>a2</sub> und BS<sub>b3</sub> und zweizeilig die Sendesignale der Basisstation BS<sub>a1</sub>. Die Mobilstation hat zu diesen Basisstationen Kontakt in der angegebenen Reihenfolge.

Die Mobilstation führt vor dem eigentlichen Verbindungsaufbau die vorbereitenden Maßnahmen durch. Hierzu stellt sie die Positionsbestimmungsanforderung nacheinander an die nach Möglichkeit wenigstens drei Basisstationen, im beschriebenen Beispiel an die vier genannten Stationen, anfangend bei der Station mit dem schwächsten noch Verbindungsfähigen empfangenen "Leuchtf Feuer"-Signal BCCH bis hin zum stärksten, und führt die durch die Positionsbestimmungsanforderung eingeleitete Laufzeitmessung durch. Die zur jeweiligen Zeit von der Mobilstation ausgewählte Basisstation, also beispielsweise die Basisstationen in der Reihenfolge BS<sub>b4</sub>, BS<sub>a2</sub>, BS<sub>b3</sub> und BS<sub>a1</sub>, die die betreffende Signalisierung mit der Codebitkonstellation für Positionsbestimmungsanforderung empfängt, ermittelt hierauf die Laufzeit (halbes Timing Advance) des einfachen Wegs zwischen der Mobilstation MS und der betreffenden Basisstation BS und sendet in einer Einbuchungs-Bestätigungssignalisierung auf dem FACCH die gemessene Laufzeit zusammen mit einem eindeutigen Identifikationscode der betreffenden Basisstation (Network Colour Code, Base Station Colour Code and Location Area) an MS zurück. Die Meßgenauigkeit der mit dieser Einbuchungsanforderung BACH durchgeführten Laufzeitbestimmung beträgt etwa eine Bitdauer, also in GSM 48/13 µs, was einer einfachen Weglänge von etwa 554 m entspricht.

Zur Erhöhung der Genauigkeit wird nun von der betreffenden Basisstation BS der Mobilstation MS ein Gesprächskanal TCH (Traffic Channel) zugeteilt, in dessen Rahmen

systemgemäß Kontrollsignalisierungen eingebaut sind, die jeweils eine Fortschreibung der Laufzeitmessung beinhalten. Die Mobilstation beginnt also mit dem Senden dieser Verkehrskanäle TCH an BS<sub>4</sub>, deren Kontrollsignalisierungen durch Einspeichern in Register und Quer-Auslesung zeitlich verschachtelt wird. Wird davon ausgegangen, daß hierdurch die Genauigkeit durch 4-faches Überabtasten (Siemens BS) vervierfacht wird, so beträgt die resultierende Entfernungsgenauigkeit etwa 138 m. Die gespeicherten Werte werden dann zu BS<sub>1</sub> gesendet. Diese kurzzeitige Signalausgabe erfolgt durch die Basisstation-Steuerzentrale BSC des betreffenden Netzes. Nach derzeitigem GSM-Standard benötigt das Vergeben des Verkehrskanals TCH für die exakte Laufzeitbestimmung maximal  $26 \cdot 4 \cdot 4,615 \text{ ns} = 480 \text{ ns}$ . Nach Abschluß dieser Zeit sendet die betreffende Basisstation BS an die Mobilstation MS in einem Steuerkanal FACH (Fast Associated Control Channel) den gemittelten Laufzeitwert, woraufhin der Verkehrskanal TCH wieder frei wird. Ein Verbindungsaufbau zur Verbindungszentrale MSC<sub>a</sub> bzw. MSC<sub>b</sub> wird nicht vorgenommen. Ein möglicher Kapazitätsverlust tritt nur für kurze Zeit in der Basisstation-Steuerzentrale BSC und der betreffenden Basisstation BS auf.

Nachdem die Mobilstation MS den Laufzeitwert registriert hat, wechselt sie programmgemäß zur nächsten Basisstation, um wieder eine Laufzeitbestimmung in der beschriebenen Weise durchzuführen.

Nachdem die letzte Basisstation, beim beschriebenen Beispiel die Basisstation BS<sub>1</sub>, die gemittelte Laufzeit zur Mobilstation MS gesendet hat, wird zwischen diesen Stationen die Verbindung nicht sofort abgebrochen, sondern mit Hilfe eines bereits definierten Codes, der im Anschluß an den ursprünglichen Code für die Positionsbestimmungsforderung auch ein bereits belegter Code, beispielsweise der Notrufcode sein kann, eine längere Sprachverbindung aufgebaut, die die gesammelten Laufzeiten zusammen mit den Zellenidentifizierungen an ein übergeordnetes Netzelement sendet, das beim beschriebenen Beispiel die Notrufzentrale EM ist, die von beiden beteiligten Netzen aus ansteuerbar ist. In der Notrufzentrale EM befindet sich der Rechner für die Positionsbestimmung, der an den Benutzer der Mobilstation MS das Ergebnis beispielsweise in Form von Sprache oder einer Kurzmitteilung mitteilt, und/oder es in der Notrufzentrale EM anzeigt.

Bei der beschriebenen Durchführung wird die Positionsbestimmung durch die Mobilstation MS koordiniert. Das Verfahren ist jedoch auch so durchführbar, daß sie durch das Netz, und zwar speziell durch die Basisstation mit dem besten Funkkontakt, also BS<sub>1</sub>, koordiniert wird. Diese Basisstation koordiniert die Übergänge zu den nachfolgenden stufenweise schwächeren Basisstationen. Die erste Basisstation bekommt von der Mobilstation die gesammelten Laufzeiten zusammen mit den Zellenidentifikationscodes mitgeteilt und gibt sie an die Notrufzentrale EM – oder eine andere spezielle Zentrale – weiter.

Für den Fall eines Notrufs ist das Einbuchen in Nachbar-netze anderer Netzbetreiber bereits jetzt zwischen den Netzbetreibern vereinbart (GSM-Standard), bei einem flächendeckenden Betrieb mehrerer Netzbetreiber kann ein Notruf auch in einem anderen Netz abgesetzt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Laufzeitbestimmung kann von dieser Kooperation der Netzbetreiber profitieren, indem hierdurch die Wahrscheinlichkeit erhöht wird, gleichzeitig Kontakt zu mehreren Basisstationen zu bekommen. Ist jedoch die entsprechende Kooperation nicht möglich, so muß das Verfahren mit mehreren Basisstationen des selben Netzbetreibers durchgeführt werden, was zumindest in städtischen Gebieten ebenfalls möglich ist.

Die an die auswertende Zentrale, z. B. an die Notrufzentrale EM, weitergegebenen Informationen ermöglichen es, die sendende Mobilstation hinsichtlich ihrer Koordinaten über die vorhandenen Koordinaten der beteiligten Basisstationen zu bestimmen. Bei Verwendung entsprechender beispielsweise bei Fahrleitsystemen verwendeter Programme kann auch die Koordinatenbestimmung umgesetzt werden in eine andere Art der Angabe, beispielsweise in die Angabe von Stadtteil und Straße. Voraussetzung ist selbstverständlich, daß die auswertende Zentrale die Koordinaten aller Basisstationen, die zur Positionsbestimmung in Frage kommen, gespeichert enthält. Ein gesondertes Vernetzen der Basisstationen ist nicht erforderlich, es müssen nur die beteiligten Netze mit der auswertenden Zentrale, beispielsweise der Notrufzentrale, verbunden sein.

Besondere Aufwendungen kann es erfordern, wenn auch eine Mehrwegeausbreitung der Funksignale stattfindet, beispielsweise durch Echos. In diesem Fall werden komplexere Algorithmen notwendig, die jedoch an sich bekannt sind (genannte Literaturen von Rappaport und Chan). Die Mehrwegeausbreitung kann bei der Messung als stationär angenommen werden. Durch einen Abgleich der ermittelten Laufzeitunterschiede mit einer Datenbank oder mit einem entsprechend trainierten neuronalen Netz lassen sich auch die Pfade, die reflektiert werden, gut zur Positionsbestimmung verwenden.

Beim beschriebenen Verfahren zur Bestimmung der Laufzeiten spielt es keine Rolle, in welcher Weise der Übergang von einer Basisstation zur anderen (Handover) durchgeführt wird. Denn bei einem solchen Übergang wird in jedem Fall zunächst die Signallaufzeit zur neuen Basisstation bestimmt. Da das Verfahren die bereits bei den TDMA-Systemen bekannte Bestimmung der Laufzeit ausnützt, bedarf es keiner wesentlichen Änderungen im Netzwerk. Bei der Koordinierung durch die Mobilstation vereinfacht sich die Administration im Netz, bei der Koordinierung durch die Basisstation ist sie etwas komplexer. Unabhängig davon, welche Station die Koordinierung durchführt, läßt sich das Verfahren sowohl von der Mobilstation als auch vom Netz aus einleiten. Die Koordinierung von der Mobilstation aus hat den Vorteil, daß die Koordinaten vor dem eigentlichen Verbindungsaufbau interaktiv ermittelt werden und keine wesentlichen Gesprächskapazitäten im Netz belegt werden.

Eine Steigerung der Ermittlungsgenauigkeit kann erreicht werden, wenn neben den Laufzeitunterschieden auch die Einfallrichtungen der Wellenfronten an den Basisstationen ermittelt und in die Auswertung einbezogen werden. Dies kann wiederum durch Abgleich mit einer Datenbank erfolgen.

Das Verfahren kann prinzipiell bei allen TDMA-Systemen eingesetzt werden. Als Beispiel sei in Ergänzung zum System GSM das System TDD Ultramode (vorgestellt auf der ETSI SMG2 #26, Sunne, Schweden, 25.-29.5.1998) genannt. Bei diesem System sind die Basisstationen zueinander synchron. Da hier eine wesentlich kürzere Einbuchungsanforderung BACH verwendet wird, kann zunächst nur eine grobe Positionsbestimmung durchgeführt werden. Mit der kurzzeitigen Vergabe des Verkehrskanals TCH wird auch hier die genauere Mittelung vorgenommen, die vom verwendeten Takt in der Basisstation abhängt. Da beim TDD-Modus die Mobilstation die verschiedenen Signale BCCH der Nachbar-Basisstationen empfängt, diese aber synchron von jeder Basisstation ausgesendet werden, kann die Mobilstation relative Laufzeitdifferenzen zu den Basisstationen messen und dann bei einem Verbindungsaufbau diese Laufzeitdifferenzen an die koordinierende Basisstation senden, wobei dann beim Verbindungsaufbau mit dieser zusätzlich der absolute Wert der Laufzeit zu dieser Basisstation ermittelt

telt wird. Nun kann das Netz die Mobilstation lokalisieren.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Positionsbestimmung einer TDMA-Mobilfunk-Mobilstation (MS), die mit einer Mehrzahl von Mobilfunk-Basisstationen (BS) bekannter Position in Funkkontakt steht, durch Bestimmung der Signallaufzeiten zwischen der Mobilstation und jeder der Basisstationen und Berechnen der jeweiligen Entfernungen und hieraus der Position der Mobilstation, wobei man systemgemäß die Laufzeit jeder Mobilstation-Basisstation-Funkverbindung zum Zweck der Justierung der Mobilstation-Synchronisation bestimmt, **dadurch gekennzeichnet**, daß man von der Mobilstation (MS) aus nacheinander: den Basisstationen (BS<sub>1</sub>, BS<sub>2</sub>, BS<sub>3</sub>, BS<sub>4</sub>) signalisiert, daß eine Positionsbestimmung durchzuführen ist; die – gegebenenfalls relative – Laufzeitbestimmung zur jeweiligen Basisstation durchführt und das Ergebnis einschließlich eines Identifizierungscode der jeweiligen Basisstation (BS) in der Mobilstation speichert; und die den verschiedenen Basisstationen zugehörigen gespeicherten Laufzeitwerte und Identifikationscodes an eine der Basisstationen zur weiteren Veranlassung übermittelt. 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufzeitbestimmung zu den jeweiligen Basisstationen in einer vorgegebenen Reihenfolge durchgeführt wird. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die Laufzeitbestimmungen in der Reihenfolge anfangend von derjenigen der in die Bestimmung einzubeziehenden Basisstationen, deren Signale mit schwächster Feldstärke an der Mobilstation eintreffen, ansteigend bis zu derjenigen Basisstation, deren Signale mit stärkster Feldstärke eintreffen, durchführt und der letzten Basisstation sämtliche gespeicherten Laufzeitwerte und Identifikationscodes übermittelt. 25
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der zur Positionsbestimmung verwendeten Basisstationen zwischen 2 und 5 beträgt. 30
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche zur Anwendung in einem solchen TDMA-System, das den Dialog zwischen der Mobilstation (MS) und der Basisstation (BS) mit einer von der Mobilstation ausgehenden Einbuchungsanforderung (BACH), die der Erkennung des "Leuchtfuers" (BCCH) der Basisstation folgt, beginnt, dadurch gekennzeichnet, daß man in der Einbuchungsanforderung (BACH) eine Signalisierung für die Aufforderung zur Positionsbestimmung einbaut und in der Basisstation (BS) auf den Empfang dieser Signalisierung nur die Laufzeitbestimmung ohne Einleitung einer Gesprächsvermittlung in Gang setzt. 35
6. Verfahren nach Anspruch 5 zur Anwendung im System GSM (Global System for Mobile Communications), dadurch gekennzeichnet, daß man die Signalisierung für die Anforderung der Positionsbestimmung oder Positionsbestimmung mit kombinierten Gesprächsaufbau in diejenige Bitsequenz einbaut, die nach bisherigem GSM-Standard eine Bitkonstellation für den Notruf und unbelegte Bitkonstellationen umfaßt, und auf diese Signalisierung hin die Positionsbestimmung ohne Rücksicht auf die Zugehörigkeit der Mobilstation zum Netzbetreiber der Basisstation in Gang setzt. 40

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Anwendung im System GSM, dadurch gekennzeichnet, daß man eine genaue Laufzeitmessung mit der einzelnen Basisstation über vier "26-Multirahmen" des in Rahmen organisierten GSM-Signals mittelt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man den Ablauf der Verfahrensschritte durch ein Programm in der Mobilstation (MS) steuert.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man den Ablauf der Verfahrensschritte durch ein Programm in der Basisstation (BS) steuert, die Befehle an die Mobilstation (MS) übermittelt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß man mit Hilfe einer Datenbank oder eines neuronalen Netzes einen Abgleich von ermittelten Laufzeitunterschieden in Bezug zu Mehrwegeausbreitungen aufgrund von Echos durchführt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß man die Einfallswinkel der Funksignale der Mobilstation an wenigstens einer der beteiligten Basisstationen ermittelt und als zusätzliche Information in die Positionsbestimmung einbezieht.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß man die Vorgänge des Berechnens der Position der Mobilstation unter Einbeziehung geographischer Positionsdaten der Basisstationen von Netzbetreibern, die die Positionsdaten der Basisstationen (BS) in einer Datenbank, beispielsweise in einer Notrufzentrale, hinterlegt haben.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Best Available Copy

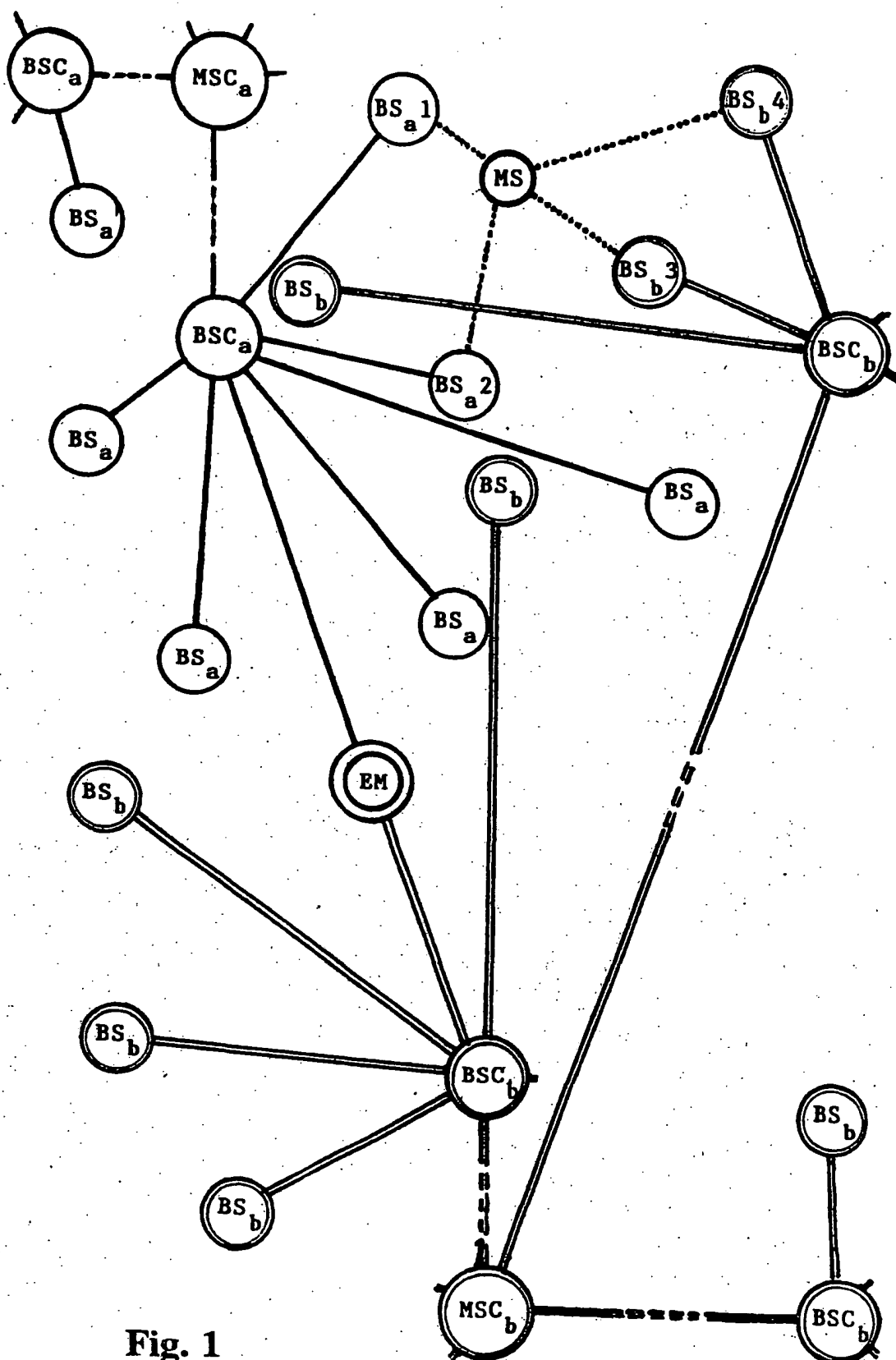


Fig. 1

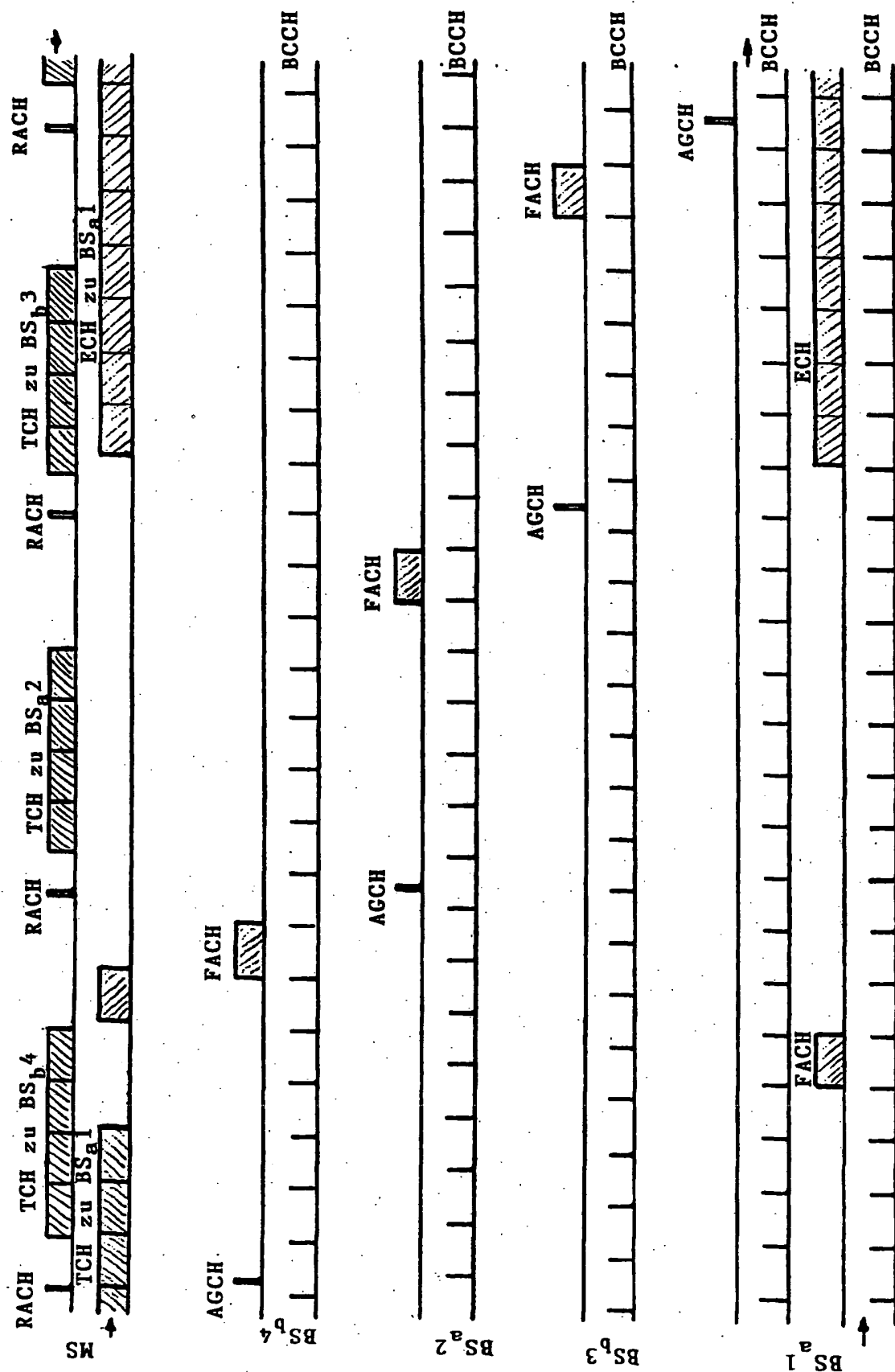


Fig. 2